



**PRZYCZEPNOŚĆ, ADHEZJA,
KOHEZJA - CZYLI JAK
DZIAŁA KLEJENIE
I DLACZEGO KLEJ KLEI?**

KLEJ, KLEJENIE?? JAK TO DZIAŁA?



Od kartonowych pudełek po samoloty – **kleje** są wszędzie.

Można je wytwarzać z naturalnych substancji albo mogą zawierać kilka związków wytwarzanych w procesach chemicznych.

Kleje są też specjalistami. Istnieje klej na prawie każdy problem wymagający klejenia.

Ale wszystkie kleje mają dwie wspólne właściwości: muszą mocno wiązać się z rzeczami, do którym mają się przykleić, i muszą mocno się trzymać, gdy już stwardnieją.



Dlatego dowiedzmy się więcej o klejach i klejeniu!

POCHODZENIE KLEJU

- Pierwsze kleje były stosowane już 4000 lat p.n.e. Neandertalczycy spajali narzędzia za pomocą lepiszcza wytwarzanego ze smoły brzozonej lub żywicy;
- Od końca XV wieku powszechnie używano klejów, głównie skórnych i kostnych, do produkcji mebli, przedmiotów codziennego użytku, narzędzi i broni oraz podczas wytwarzania instrumentów muzycznych;
- Produkcja klejów na skalę przemysłową rozpoczęła się na początku XVIII wieku;
- Pierwsza fabryka kleju powstała w 1700 roku w Holandii i zajmowała się produkcją kleju skórniego;
- W XIX wieku pojawił się klej produkowany z celulozy;
- W XX wieku pojawiły się kleje na bazie substancji chemicznych.

KLEJENIE - ZASTOSOWANIE

Klejenie stosowane jest do łączenia wszystkich materiałów mających postać stałą, od książek czy zabawek po konstrukcje inżynierskie.

Dekoratorstwo



Przemysł motoryzacyjny



Przemysł morski



Przemysł lotniczy



Przemysł maszynowy, elektronika



Zabawki



Budownictwo



Przemysł lekki



POLITECHNIKA
LUBELSKA

CZYM JEST KLEJ?

Klejenie realizowane jest przy użyciu **kleju**.

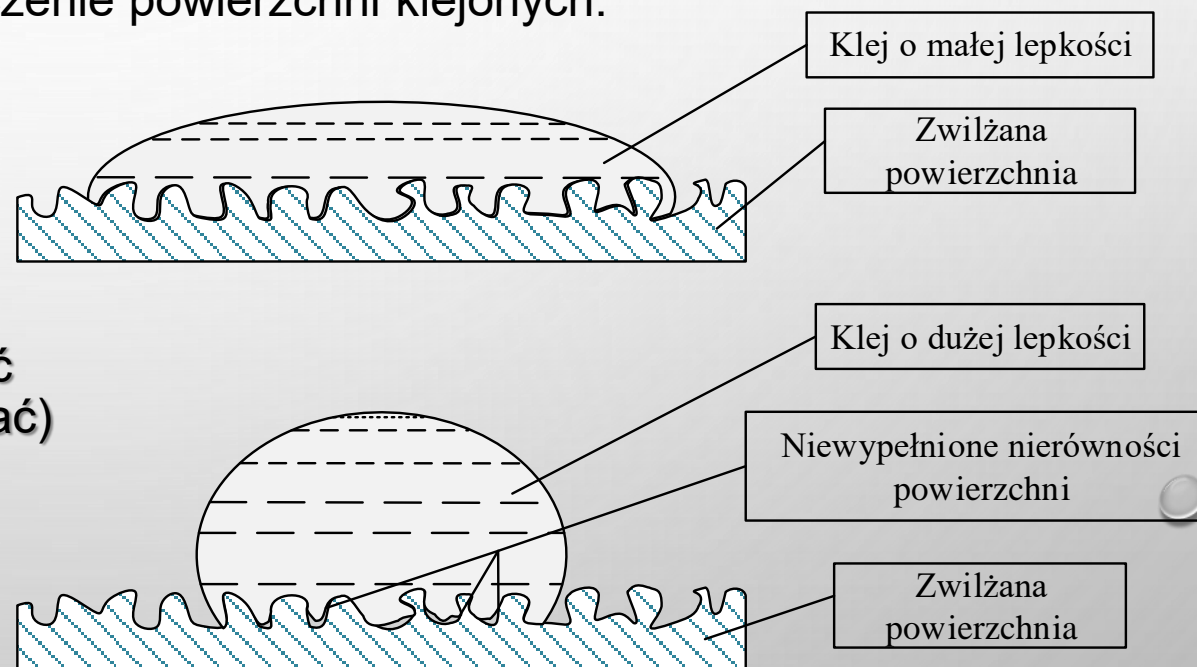
Klej jest to substancja organiczna lub nieorganiczna, która wprowadzona pomiędzy powierzchnie przylegające dwóch przedmiotów, wykonanych z takich samych lub różnych materiałów umożliwia trwałe ich połączenie. W wyniku działania sił przyczepności do powierzchni klejonej (adhezja) i sił spistości wewnętrznej spoiny klejowej (kohezja), kleje posiadają zdolność trwałego łączenia powierzchni dwóch materiałów.

To dlaczego klej klei zależy zatem od tego, z czego dany klej się składa i jaki jest mechanizm jego działania.

KLEJENIE – JAK TO DZIAŁA?

Klejenie to metoda łączenia materiałów za pomocą substancji zwanej klejem, który w stanie ciekłym i półpłynnym wypełnia szczelinę pomiędzy dociśniętymi powierzchniami łączonych elementów. Klej wnika w drobne pory (nierówności) znajdujące się na powierzchni materiału, po czym twardnieje. Czasami, podczas klejenia niektórych materiałów dodatkowo następuje częściowe rozpuszczenie powierzchni klejonych.

Klej musi być stosowany w postaci ciekłej, aby zwilżyć powierzchnię materiału łączonego i wpływać (migrować) do wgłębień i nierówności powierzchniowych.



DLACZEGO KLEJ KLEI?

Kleje są zaliczane do materiałów czynnych powierzchniowo (podobnie jak farby, lakiery i detergenty), których cechą charakterystyczną jest zwiększanie adhezji.

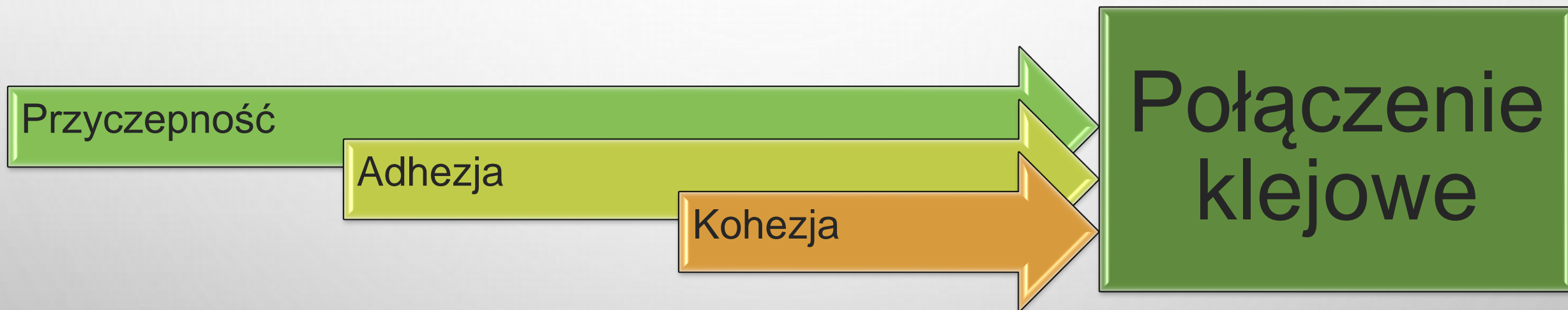
Zdolność kleju do klejenia tkwi w jego unikalnej budowie wewnętrznej. Podstawowym składnikiem klejów jest syntetyczny lub naturalny polimer w postaci koloidalnej zawiesiny

w określonym rozpuszczalniku Oprócz tego może zawierać modyfikatory, takie jak: plastyfikatory, środki zagęszczające, napelniacze, lub inne dodatki. lub tworzący taką zawiesinę po wymieszaniu z utwardzaczem, plastyfikatorem, substancjami modyfikującymi innymi.

Po odpowiednim zabiegu zależnym od rodzaju kleju (np. odcięcia dopływu powietrza, podgrzania, ochłodzenia, odparowania, wyschnięcia), klej z fazy ciekłej przechodzi w fazę stałą, czyli „zastyga” tworząc spoinę klejową, a w następstwie trwałe połączenie klejowe

KLEJENIE – JAK TO DZIAŁA?

Połączenia klejowe uzyskuje się dzięki przyczepności kleju do materiału łączonego oraz zjawisk adhezji i kohezji.



KLEJENIE – PRZYCZEPNOŚĆ

Przyczepność to własność kleju, która pozwala mu tworzyć połączenie o wymiernej sile (wytrzymałość połączenia) bezpośrednio po połączeniu kleju i podłoża przy zastosowaniu niewielkiego nacisku.

Przyczepność przejawia się, gdy klej po raz pierwszy dotyka klejonej powierzchni. Określa ona szybkość tworzenia wiązania.

Na przykład wysoka przyczepność występuje, kiedy bardzo mocne wiązanie powstaje pod minimalnym naciskiem i po niezmiernie krótkim kontakcie. Taki stopień przyczepności jest niezbędny na przykład przy produkcji papieru: ponieważ maszyna produkcyjna przeciąga 1,9 km papieru na minutę, klej podatny na ucisk zastosowany w taśmie klejącej musi wiązać wprost błyskawicznie, jeśli ma z powodzeniem skleić w biegu początek następnej rolki z końcem bieżącej.



Miód odznacza się wysoką przyczepnością powierzchniową, ale tworzy słabe wiązanie

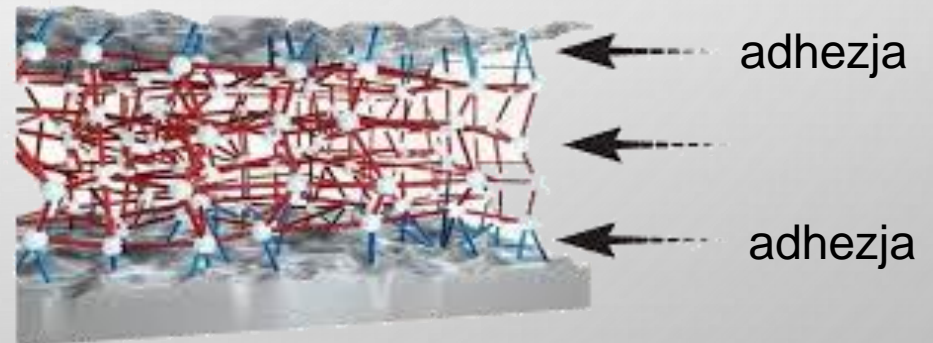
KLEJENIE – ADHEZJA

Łacińskie słowo „adhaesio” oznacza przyleganie.

Adhezja jest zjawiskiem powierzchniowym, polegającym na szepianiu stykających się ciał wskutek oddziaływania między nimi pola sił. Pole sił wytwarzane przez ładunki atomów, z których zbudowana jest warstwa wierzchnia, maleje wykładniczo wraz ze wzrostem odległości od powierzchni. Dlatego też dla zaistnienia adhezji konieczne jest odpowiednie zbliżenie łączonych ciał na odległość około 1-10 nm.



Adhezję łatwo zaobserwować na przykładzie cząsteczek wody na pajęczynie

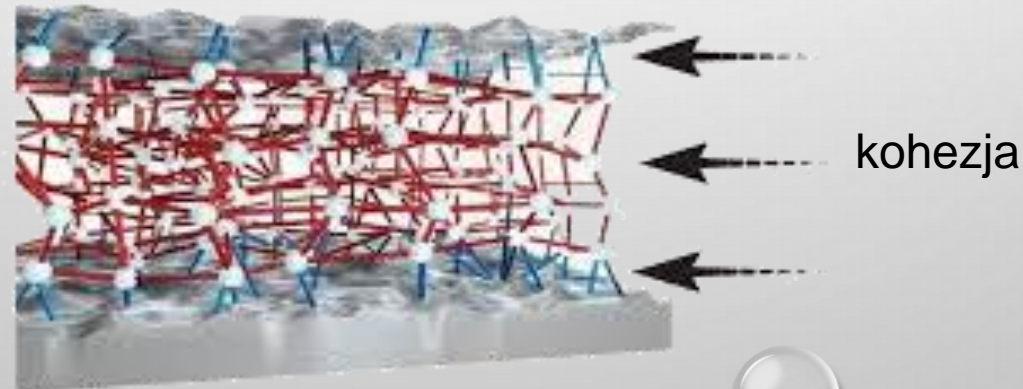


KLEJENIE – KOHEZJA

Kohezja (spójność wewnętrzna) to stan, w którym cząstki substancji utrzymywane są razem przez pierwszo- lub drugorzędowe siły walencyjne. Pojęcie to dotyczy spójności spoiny klejowej.

W klejeniu kohezja to siła działająca pomiędzy cząsteczkami samego kleju, utrzymująca jego spójność. Na tę siłę składają się:

- Międzycząsteczkowe siły przyciągania (Van der Waalsa)
- Wzajemne wiązanie się cząsteczek polimerowych



KLASYFIKACJA KLEJÓW

❖ Ze względu na mechanizm klejenia kleje można podzielić na:

Kleje

Rozpuszczalnikowe



wnikają głęboko w materiał powodując ich napęcznienie i częściowe rozpuszczenie; po połączeniu klejonych elementów i dociśnięciu spoiny powierzchnie klejonych materiałów nawzajem się przenikają, po czym rozpuszczalnik paruje pozostawiając trwałą spoinę bez warstwy samego kleju. Stosowane są do klejenia tworzyw sztucznych.

Oparte na polimerowych żywicach



nie wnikają zbyt głęboko w materiał, mają jednak silne powinowactwo chemiczne do klejonego materiału, a warstwa samego utwardzonego kleju jest bardzo odporna mechanicznie; kleje te stosuje się do "trudnych" do sklejenia materiałów - takich jak metale, szkło itp., których nie można skleić klejami penetrującymi materiał; przykłady takich klejów to np. kleje epoksydowe.

Mieszane



składają się one z żywicy wymieszanej z rozpuszczalnikiem, który może penetrować klejony materiał - żywica wraz z rozpuszczalnikiem wnika głęboko w klejony materiał, więc nie musi mieć ona tak silnego powinowactwa chemicznego z klejonym materiałem; kleje mieszane są najbardziej rozpowszechnione i są one stosowane do klejenia "łatwych do sklejenia" materiałów porowatych takich jak guma, papier, skóra itp. ; przykładem takiego kleju jest np. butapren lub guma arabska

KLASYFIKACJA KLEJÓW

❖ Ze względu na ilość składników tworzących kompozycję klejową:



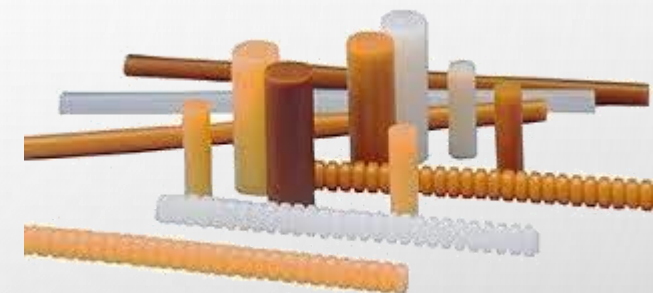
KLASYFIKACJA KLEJÓW

❖ Ze względu na postać kleju:



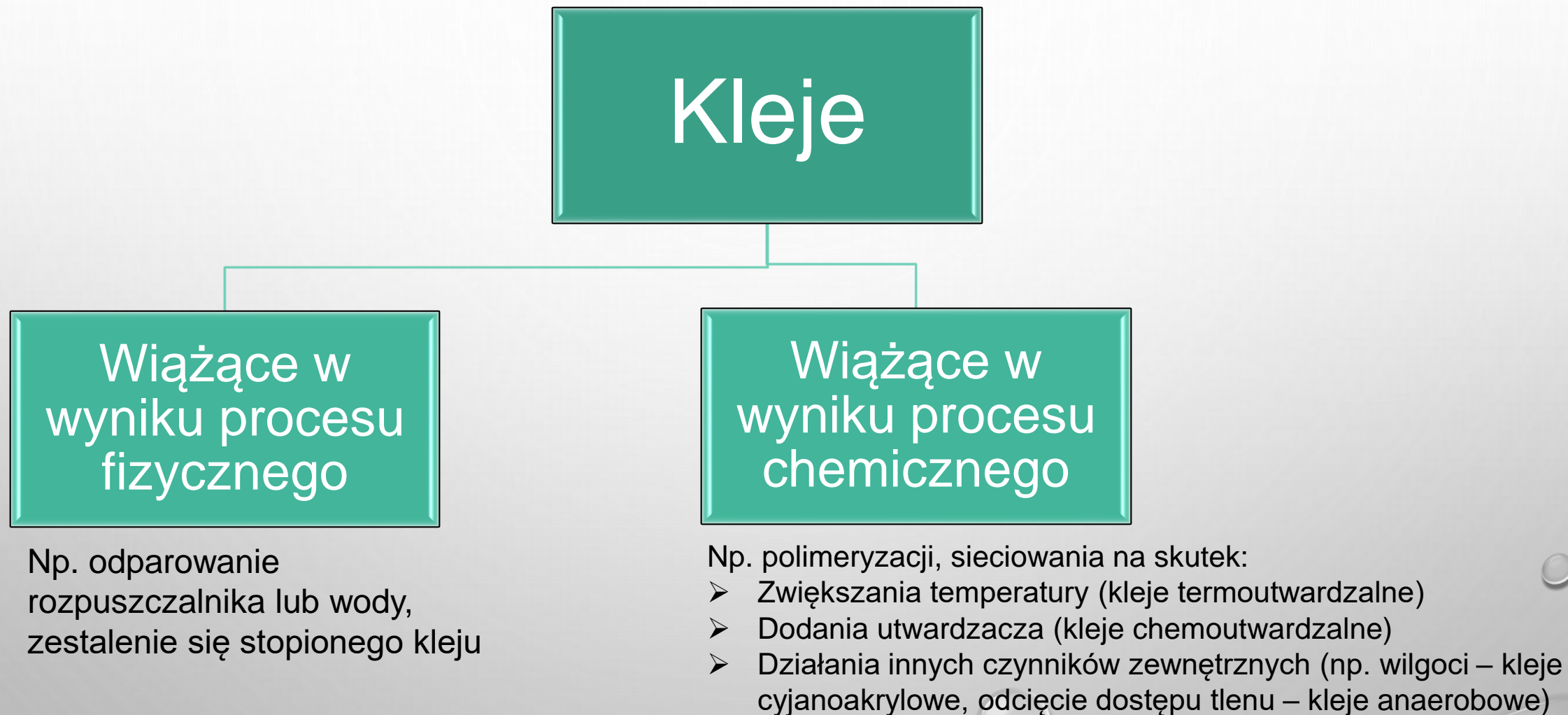
- rozpuszczalnikowe
- dyspersyjne
- roztwory wodne
- żywice ciekłe

- topliwe
- żywice stałe
- folie
- błony klejowe
- proszki
- granulaty
- pasty
- sztyfty



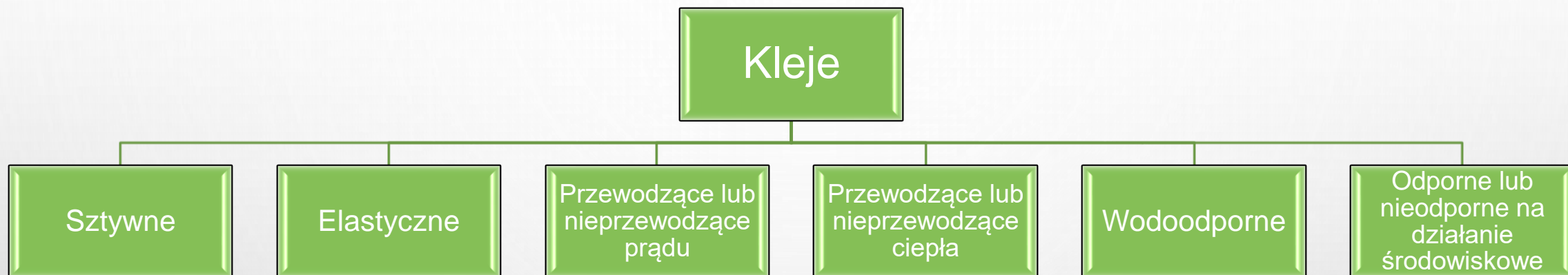
KLASYFIKACJA KLEJÓW

❖ Ze względu na mechanizm wiązania spoiny klejowej :



KLASYFIKACJA KLEJÓW

❖ Ze względu właściwości fizyczne:



Kleje mogą być również klasyfikowane ze względu na zakres zastosowania i przeznaczenia, np.:

- Kleje do metali
- Kleje do tworzyw polimerowych
- Kleje do drewna
- Kleje do materiałów ceramicznych
- Kleje do glazury
- Kleje do materiałów papierniczych
- Kleje do obuwia
- Kleje do okładzin ściennych i wykładzin podłogowych

KLASYFIKACJA KLEJÓW

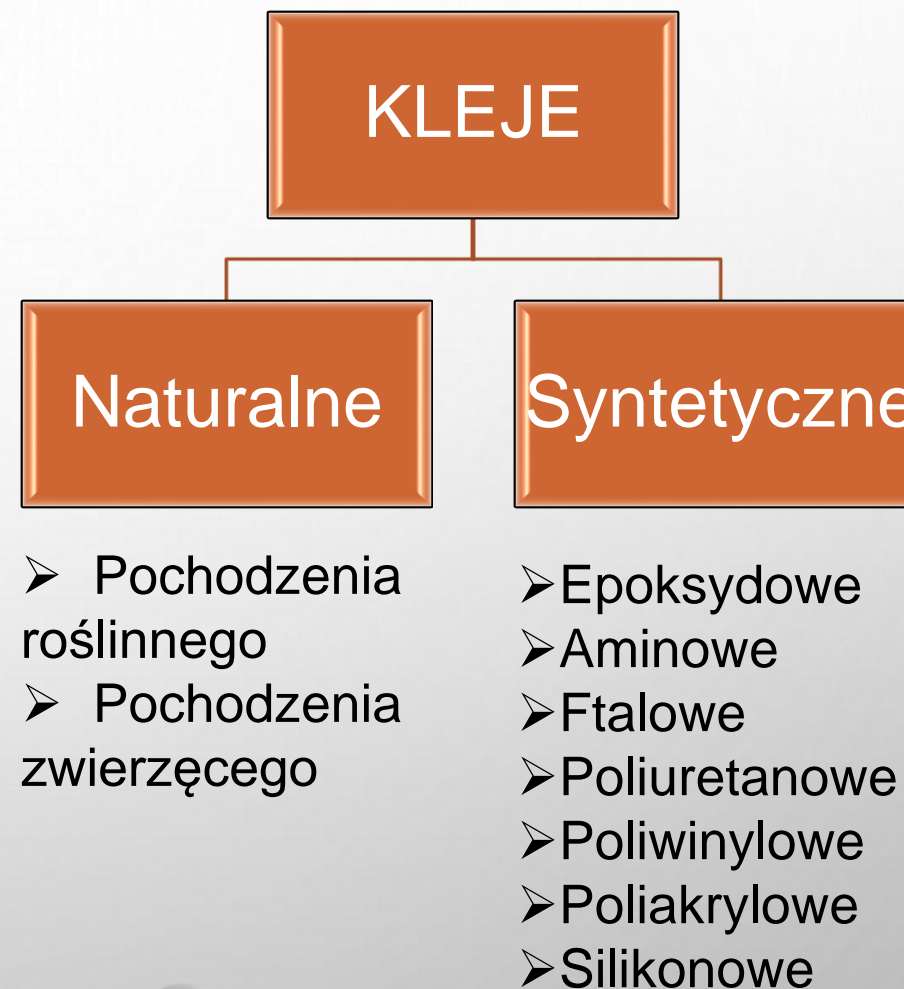
❖ Ze względu na możliwą do uzyskania wytrzymałość połączeń klejowych:



KLASYFIKACJA KLEJÓW

❖ Ze względu na pochodzenie surowcowe składników kleje można podzielić na:

Podstawowym składnikiem kleju są naturalne i syntetyczne substancje wielocząsteczkowe (tzw. lepiszcza) odznaczające się dużą przyczepnością.



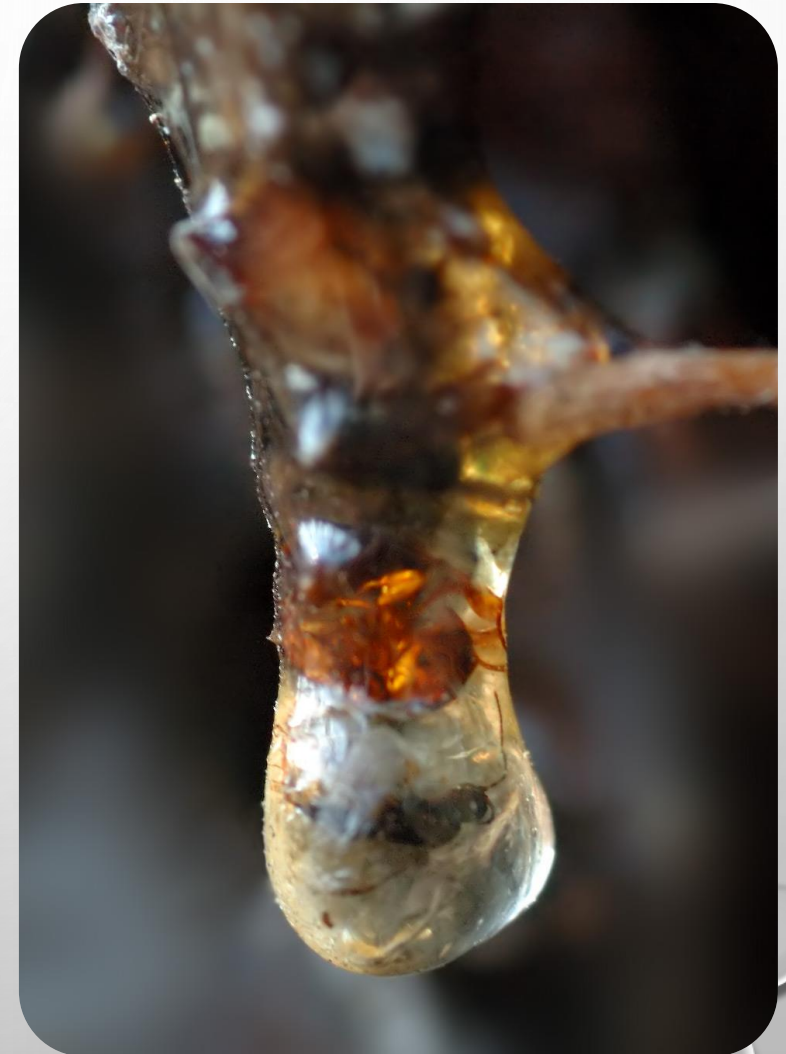
Klasyfikacja klejów ze względu na pochodzenie surowcowe

składników jest najczęściej stosowana.

KLEJE NATURALNE

KLEJE POCHODZENIA ROŚLINNEGO

Podstawowym spoiwem w klejach roślinnych są produkty pochodzenia roślinnego, takie jak skrobia, dekstryna, celuloza, białko roślinne (białko sojowe), żywice roślinne (np. kalafonia) oraz gumy i lateksy roślinne (np. guma arabska, lateks naturalny).



KLEJE NATURALNE

KLEJE POCHODZENIA ZWIERZĄCEGO

Spoiwami klejów pochodzenia zwierzęcego są białka zwierzęce. Powszechnie stosowane są kleje glutenowe i kazeinowe.

➤ Kleje glutenowe

Surowcem do otrzymywania klejów glutenowych są związki uzyskiwane z resztek zwierzęcych (skór, ścięgien i kości). Odpady zwierzęce poddaje się obróbce chemicznej, w wyniku której otrzymuje się produkt zwany glutyną. Glutyna w wodzie tworzy roztwory koloidalne (w podwyższonej temperaturze).

Z odpadów kości uzyskuje się tzw. klej kostny. Postać handlowa tego kleju to granulaty („perełki”) o średnicy 3–8 mm. Z odpadów skór i ścięgien otrzymuje się tzw. klej skórny.

➤ Kleje kazeinowe

Podstawowym spoiwem tych klejów jest kazeina uzyskiwana z mleka. Kazeina jest białkiem rozpuszczalnym w wodzie o odczynie zasadowym lub mocno kwaśnym (wartość pH poniżej 4,7). Kleje kazeinowe oprócz kazeiny zawierają szereg dodatków modyfikujących ich właściwości użytkowe.



KLEJE SYNTETYCZNE

KLEJE EPOKSYDOWE

Kleje epoksydowe poprzez swoją wytrzymałość oraz bardzo dobrą przyczepność do wielu powierzchni, należą do grupy uniwersalnych produktów klejących o licznych zastosowaniach.

Kleje epoksydowe swoją popularność zawdzięczają kilku cechom:

- dzięki posiadaniu grupy epoksydowej, hydroksylowej, aminowej i innych grup polarnych, wykazują silne zdolności adhezyjne i kohezyjne. Ma to bezpośredni wpływ na ich wysoką przyczepność do wielu materiałów, takich jak metal, szkło i ceramika. Mogą być także wytwarzane w celu uzyskania mieszanek o niskiej lepkości, które pozwalają na uzyskanie lepszego rozprowadzania, zwilżalności i przenikania kleju,
- utwardzają się bez uwalniania wody i innych związków chemicznych. Umożliwia to zatem wiązanie ich bez jakiegokolwiek użycia siły (nacisku), przez co mogą być zastosowane podczas klejenia takich materiałów jak metal i szkło,
- są niesamowicie odporne na szeroką gamę rozpuszczalników, a dodatkowo pełnią rolę skutecznej bariery dla ciepła i prądu elektrycznego,
- można modyfikować ich czas utwardzania przez stosowanie specjalnych środków utwardzających,
- podczas twardnienia kurczą się w bardzo niewielkim stopniu (nawet tylko o 1%), przez co naprężenie występujące w kleju jest mniejsze, a samo wiązanie kleju zdecydowanie mocniejsze,
- zapewniają największe wytrzymałości spośród wszystkich rodzajów klejów dostępnych na rynku.



KLEJE SYNTETYCZNE

KLEJE AMINOWE

Jest to grupa klejów wyróżniająca się bardzo dużą wytrzymałością spoiny i przeznaczona do łączenia elementów drewnianych z drewnem i innymi produktami (np. papą, bądź filcem).

Kleje aminowe składają się przede wszystkim ze specjalistycznych żywic i utwardzacza.



KLEJE SYNTETYCZNE

KLEJE FTALOWE

Głównym składnikiem tego **kleju ftalowego** jest olej.
Klej ten używamy do papieru i drewna.



KLEJE SYNTETYCZNE

KLEJE POLIURETANOWE

W tej grupie można wyróżnić kleje jednoskładnikowe oraz dwuskładnikowe. Pierwsze z nich zawierają w swoim składzie prepolimery i utwardzają się pod wpływem wody lub wilgoci z powietrza. W celu uzyskania odpowiedniej adhezji, połączenie materiałów za pomocą klejów jednoskładnikowych przeprowadza się zazwyczaj w specjalnych prasach pod wpływem nacisku, często przy podwyższonej temperaturze przyspieszającej czas utwardzania. Natomiast kleje dwukomponentowe zawierają dwa składniki (poliole oraz izocyjaniany) są gotowe do użycia po wymieszaniu ich w odpowiednich proporcjach.

Kleje poliuretanowe charakteryzuje bardzo dobra adhezja do gładkich oraz porowatych powierzchni. Dzięki temu skutecznie łączą różne materiały, takie jak drewno, papier, tektura, płyty warstwowe. Mogą być wykorzystywane również w branży budowlanej do klejenia betonu lub blachy. Spoiny wykonane z wykorzystaniem klejów poliuretanowych charakteryzuje bardzo dobra wytrzymałość, również w niskich temperaturach, wysoka elastyczność oraz wodoodporność.



KLEJE SYNTETYCZNE

KLEJE POLIWYNYLOWE

Kleje poliwinylowe to kleje oparte na polichloroku winylu, polioctanie winylu oraz żywicy fenolowo-formaldehydowej i poliwinyllobutyralowej. W handlu spotykane w postaci gęstych cieczy lub galaretowatych substancji. W zależności od gatunku, stosowane do klejenia wyrobów z twardego i miękkiego PCW, skóry naturalnej i sztucznej, tkanin, metali, papieru, drewna, korka, szkła, wyrobów ceramicznych itp.



KLEJE SYNTETYCZNE

KLEJE POLIAKRYLOWE

Kleje poliakrylowe należą do grupy klejów strukturalnych. Dzięki swoim właściwościom kleje te łączą dwa materiały przenosząc duże obciążenia, jednocześnie zastępując złącza mechaniczne. Są one bardzo wytrzymałe i wykazują cechy wysokiej sprężystości. Te spoiwa bez problemu bardzo wydajnie połączą ze sobą różnego typu materiały, jak choćby metal z drewnem, ze szkłem lub tworzywami sztucznymi.



KLEJE SYNTETYCZNE

KLEJE SILIKONOWE

Kleje silikonowe są niezastąpionym materiałem stosowanym w budownictwie, głównie w celu estetycznego wykańczania pomieszczeń. Charakteryzują się znakomitą elastycznością i adhezją do wielu rodzajów podłoży. Zapobiegają one zużyciu materiałów poprzez równomierne rozłożenie obciążeń, a także obniżają koszty produkcji, zastępując tradycyjnie stosowane złącza mechaniczne, jak np. wkręty.

Kleje silikonowe są niezwykle uniwersalne. Pozwalają na łączenie ze sobą szeregu różnych materiałów, np. metali z tworzywami sztucznymi lub ze szkłem. Kleje silikonowe to głównie związki krzemoorganiczne produkowane z piasku o żelowej konsystencji. Jednym z głównych składników wysokiej jakości klejów silikonowych jest szkło wodne, które powstaje w wyniku reakcji krzemionki z ługiem sodowym. Silikony, dzięki swoim właściwościom, skutecznie zastąpiły kit okienny i różne uszczelniania stolarki budowlanej.



KLEJE SYNTETYCZNE

KLEJE ANAEROBOWE

Kleje anaerobowe można zaliczyć do najważniejszych osiągnięć inżynierii chemicznej w dziedzinie łączenia metali (stali, miedzi, aluminium itp.) Proces utwardzania kleju rozpoczyna się w momencie, gdy następuje połączenie klejonych powierzchni. Dochodzi do odcięcia dopływu powietrza w kontakcie dwóch powierzchni, z których przynajmniej jedna jest metalowa pełniąc rolę katalizatora. Kleje anaerobowe przeznaczone są do łączenia i uszczelniania różnych materiałów, np. metali z tworzywami sztucznymi, szkłem, gumą. Kleje anaerobowe są jednoskładnikowymi płynnymi tworzywami sztucznymi, po utwardzeniu tworzą wytrzymałe mechanicznie i odporne cieplnie połączenie



KLEJE SYNTETYCZNE

KLEJE CYJANOAKRYLOWE

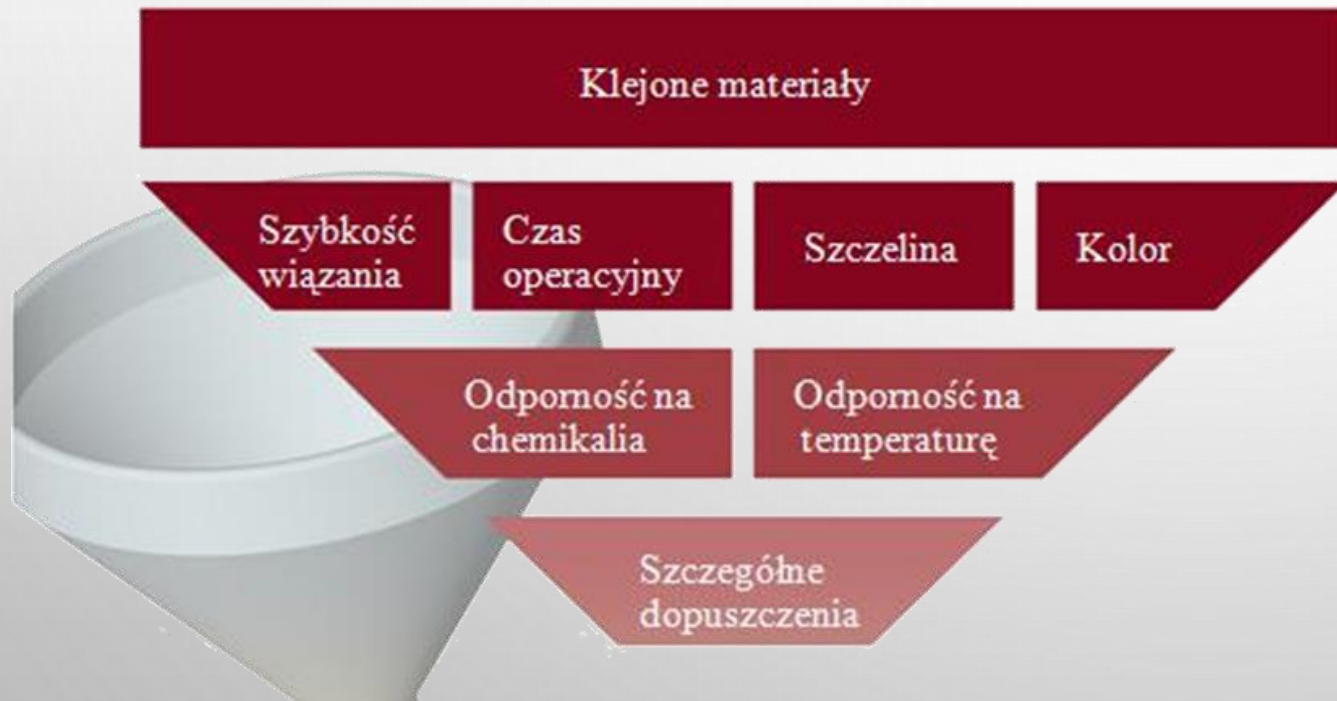
Kleje cyjanoakrylowe ulegają polimeryzacji w wyniku kontaktu z powierzchniami alkalicznymi, pod wpływem wilgoci najlepiej na poziomie 40 – 60 %. Mniejsza wilgotność może być przyczyną długotrwałego utwardzania, a wyższa szybkiego przebiegu procesu polimeryzacji, ale w efekcie niższej wytrzymałości spoiny.

Proces utwardzania klejów cyjanoakrylowych, przebiega najczęściej w kilka sekund po zetknięciu powierzchni klejonych ze sobą, najczęściej w temperaturze pokojowej. Do wytworzenia spoiny nie jest wymagane wywieranie dużego nacisku. Proces utwardzania można przyspieszać stosując aktywatory, dzięki ich zastosowaniu możliwe jest również szybkie utwardzenie wyplływki kleju.



KRYTERIA DOBORU WŁAŚCIWEGO KLEJU

Jednym z warunków wpływających na skuteczność działania połączenia klejowego jest prawidłowy dobór kleju. Aby wybrać odpowiedni trzeba wziąć pod uwagę kilka czynników.

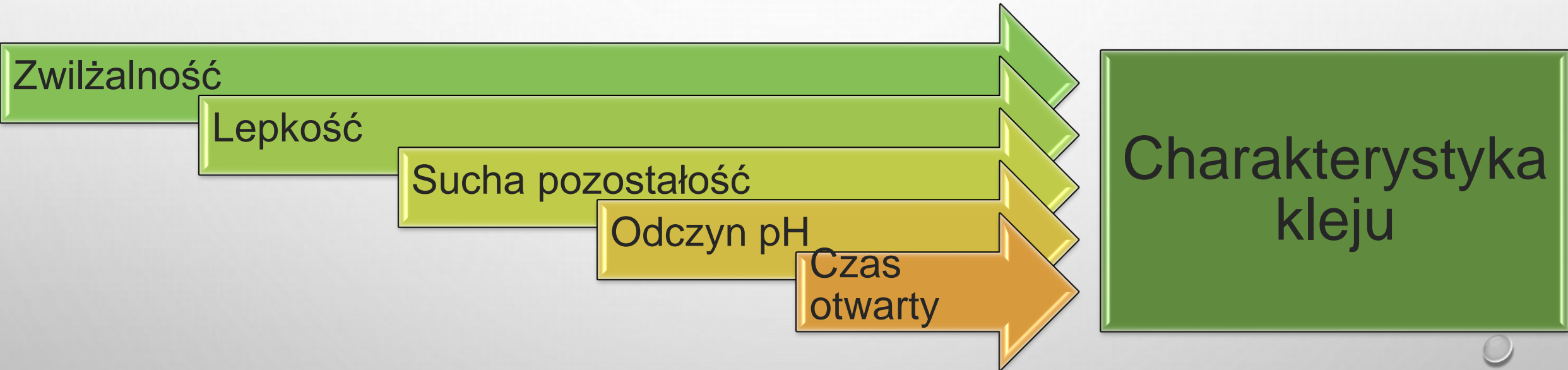


Podstawowe dane techniczne produktów w stanie ciekłym:

- Lepkość
- Temperatura zapłonu
- Ciężar właściwy

PARAMETRY KLEJU

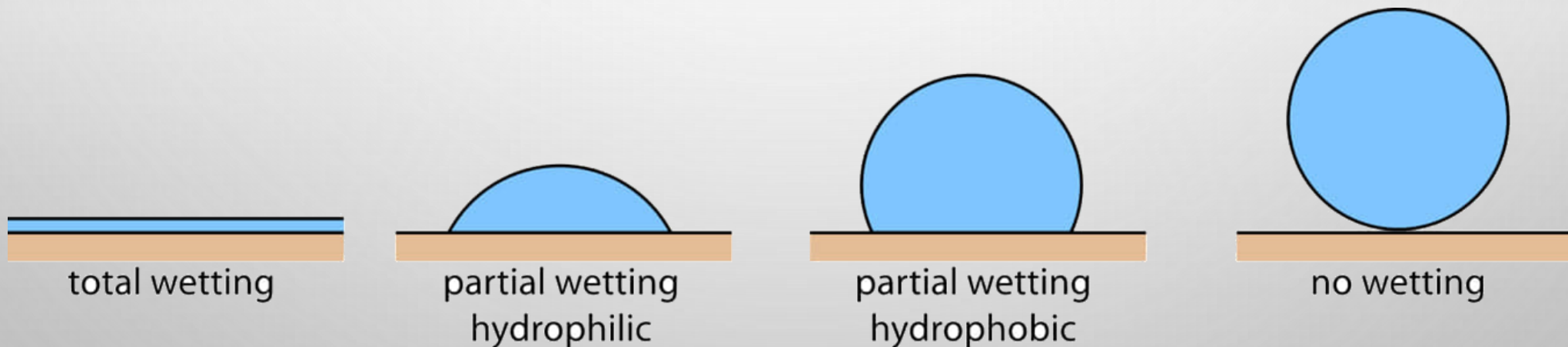
Dla scharakteryzowania kleju podaje się takie parametry jak:



CHARAKTERYSTYKA KLEJU - ZWILŻALNOŚĆ

Warunkiem powstania dobrego połączenia klejowego dwóch powierzchni jest zdolność zwilżania tych powierzchni przez klej (rozpływania się ich pod wpływem kleju). Stopień zwilżenia ciała stałego przez ciecz określa się na podstawie pomiaru kąta zwilżania.

Kąt zwilżania jest to kąt pomiędzy styczną do powierzchni cieczy w punkcie jej zetknięcia się z ciałem stałym a powierzchnią ciała stałego. Mała zwilżalność to duży kąt zwilżania, natomiast dobra zwilżalność to mały kąt zwilżania.



CHARAKTERYSTYKA KLEJU - LEPKOŚĆ

Lepkość jest podstawowym parametrem kleju. Od lepkości zależy zwilżalność powierzchni oraz wnikanie kleju w zagłębienia i nierówności klejonych powierzchni. Rozróżnia się dwa rodzaje lepkości: dynamiczną i kinematyczną.

Lepkość dynamiczną definiuje się jako stosunek naprężenia ścinającego do szybkości ścinania przy ustalonym przepływie. Współczynnik lepkości dynamicznej określa więc siłę potrzebną do pokonania tarcia wewnętrznego pomiędzy dwiema warstwami cieczy.

Jednostką lepkości dynamicznej jest paskalosekunda (Pas) lub milipaskalosekunda (mPas).

Lepkość kinematyczna to stosunek lepkości dynamicznej do gęstości kleju, przy czym obie te wielkości mierzy się w tej samej temperaturze.

W praktyce posługujemy się współczynnikiem lepkości dynamicznej.



CHARAKTERYSTYKA KLEJU – SUCHOŚĆ POZOSTAŁA

Sucha pozostałość to zawartość substancji stałej w kleju (termin ten dotyczy klejów rozpuszczalnikowych i dyspersyjnych, kleje topliwe mają 100% suchej zawartości). Suchą pozostałość oznacza się susząc odważkę kleju w określonej temperaturze do stałej wagi i wyznacza się ze wzoru:

$$S = \frac{a}{G} \cdot 100$$

gdzie:

S – sucha pozostałość

a – masa kleju po wysuszeniu

G – odważka badanego kleju

CHARAKTERYSTYKA KLEJU – ODCZYN PH

Wartość pH świadczy o stopniu kwasowości lub zasadowości kleju.

pH = 1–7 – środowisko kwaśne

pH = 7 – środowisko obojętne

pH = 7–14 – środowisko zasadowe



Parametr ten jest ważny dla użytkownika kleju, ponieważ kleje silnie kwaśne lub silnie zasadowe mogą powodować uszkodzenia części maszyn bezpośrednio stykających się z klejem. Mogą również mieć niekorzystny wpływ na klejone materiały.



CHARAKTERYSTYKA KLEJU – CZAS OTWARTY

Czas otwarty (czas schnięcia otwartego) to czas od momentu naniesienia kleju na elementy klejone do momentu ich zetknięcia. Producenci klejów podają maksymalny czas otwarty, tzn. czas, po którym naniesiona warstwa kleju traci zdolność klejenia.



KILKA CIEKAWOSTEK O KLEJENIU 😊



Motorem postępu w technologii klejenia było bez wątpienia lotnictwo.

Ono właśnie wymaga połączeń lekkich i wytrzymałych. Na potrzeby lotnictwa, w czasie I wojny światowej wynaleziono wodoodporne kleje kazeinowe (uzyskiwane z mleka) i albuminowe (wytwarzane z krwi zwierzęcej). Klejono nimi cienkie jednomilimetrowej grubości arkusze drewna (forniry), aby otrzymać bardzo lekką i wytrzymałą lotniczą sklejkę. Gdy płótno i sklejka przestały wystarczać do budowy samolotów, a zaczęto używać blachy aluminiowej, kleje straciły na znaczeniu. Ale oto w 1940 r. niemiecki koncern chemiczny I.G. Farbenindustrie AG. wyprodukował tak doskonały klej do aluminium, że zastosowano go przy produkcji samolotów dla Luftwaffe. Był to pierwszy syntetyczny klej poliuretanowy.

KILKA CIEKAWOSTEK O KLEJENIU



Bez nowoczesnych klejów nie byłoby również tak gwałtownego rozwoju techniki kosmicznej.

W czasie, gdy odbywała się seria amerykańskich lotów załogowych na Księżyc, specjaliści obliczyli, że obniżenie masy statku kosmicznego o jeden kilogram oznacza oszczędność 20 do 40 tys. dolarów. Nic więc dziwnego, że w technice kosmicznej zastosowano najbardziej wyrafinowane sposoby „odchudzania” konstrukcji. Na przykład wynaleziony w 1947 r. tzw. plaster miodu. Precyzyjniej należałoby powiedzieć, nie wynaleziony, lecz „ściągnięty” z uła, bo istotnie okazało się, że pszczeli patent — sześciokątne komórki, klejone nawet z bardzo cienkiej folii aluminiowej (od 0,04 do 0,1 mm), oklejone z wierzchu cienką blachą aluminiową są niebywale wytrzymałe, a przy tym bardzo lekkie. Idealny materiał na wielometrowe anteny i skrzydła baterii słonecznych aparatów kosmicznych.

W kosmicznych fabrykach klei się prawie wszystko: anteny, zasobniki, osłony cieplne, silniki raketowe, dysze, elementy optyczne, baterie słoneczne, konstrukcje nośne. W kabinie „Apollo” — wyjąwszy tylko jedną, wewnętrzną warstwę spawanych liniowo blach aluminiowych, wszystko poza tym było klejone. W wielkim, 10metrowej średnicy walcu, jakim jest II stopień rakiety nośnej „Saturn” zastosowano przy budowie 52 gatunki klejów. Szczytowym osiągnięciem kosmicznej techniki klejenia była powierzchnia promu „Columbia” pokryta płytkami żaroodpornymi; 30761 płytek krzemowych stanowiących osłonę termiczną promu musiało być tak silnie i tak precyzyjnie przytwierdzonych do podłoża, żeby uchroniły prom przed spalaniem podczas przechodzenia przez atmosferę, gdy temperatura na powierzchni płytek sięgała 1500°C. Musiały one tak ściśle przylegać do siebie, aby szczeliny między nimi nie były większe niż tysięczne części milimetra. A trzeba jeszcze dodać, że prom schodząc z orbity wpada w atmosferę z prędkością ponad 20 tys. km/godz. — to jest dziesięć razy większą niż naddźwiękowy „Concord”. I klej to wytrzymał!

KILKA CIEKAWOSTEK O KLEJENIU ☺



Także przemysł motoryzacyjny ma klejowi wiele do zawdzięczenia.

Po raz pierwszy klejenie tak ważnych części jak okładziny hamulcowe zastosowano w 1949 r. w samochodach firmy Chrysler. I takie mocowanie okazało się lepsze od tradycyjnego nitowania. Hamulce z klejonymi okładzinami były trwalsze, bardziej skuteczne i dłużej dawały się eksploatować. Dziś tę metodę stosuje się powszechnie. Kleju w samochodach jest coraz więcej. Do wyprodukowania przeciętnego samochodu amerykańskiego zużywa się ok. 30 kg różnego rodzaju klejów, past i kitów klejących. Klei się nie tylko wykładziny, ale nawet duże fragmenty nadwozia, np. cały dach. W samochodach europejskich używa się trochę mniej kleju, ale nawet polskiego „Malucha” trudno byłoby wyprodukować zupełnie bez kleju.

KILKA CIEKAWOSTEK O KLEJENIU ☺



Godne omówienia są jeszcze co najmniej dwie dziedziny zastosowań technologii klejenia: budownictwo i dentystyka.

Budowanie w gruncie rzeczy jest w ogóle technologią klejenia, bo zarówno zaprawa murarska, jak i cementy są formą kleju łączącego elementy budowlane (cegły, kamienie, prefabrykaty). Na współczesnych placach budowy pojawiają się jednak coraz częściej kleje nowoczesne. Przytwierdza się nimi wszystkie wykładziny, klepki, tapety, płyty izolacyjne, glazurę itp. Także wówczas, gdy tradycyjne spoiwa budowlane nie wykazują dostatecznej przyczepności lub elastyczności, z pomocą przychodzi chemia. Klejami z żywic epoksydowych ratuje się dziś pękające stare mury. Zastrzyk z płynnej żywicy wypełnia dokładnie szczeliny w murze, a po utwardzeniu spaja lepiej niż cement. Klejem epoksydowym sklejona jest także betonowa konstrukcja słynnej opery w Sydney, w Australii. Można przypuszczać, że to dopiero początek technologii klejenia w budownictwie.

Dentyści, podobnie jak murarze, od przeszło stu lat używają cementu do przytwierdzania mostków, koronek i plomb w zębach. Celowo użyłem tu słowa przytwierdzanie, a nie klejenie, bo w gruncie rzeczy cementy dentystyczne nie wykazują chęci przylepiania się do tkanki kostnej i dlatego tak często plomby wypadają lub nie są dostatecznie szczelne. Znając wszystkie mankamenty swojej profesji dentyści od dawna z nadzieją patrzyli na chemików mieszających kleje, ale przyklejenie czegokolwiek do żywej tkanki okazało się zadaniem najtrudniejszym. Chirurdzy na przykład próbowali kleić złamane kości.

PODSUMOWANIE

- ✓ Klej jest pośrednikiem, który z jednej i z drugiej strony „dopasuje się” do wszystkich nierówności powierzchni i to z taką dokładnością, że trwale przylega do obydwu klejonych części. Fachowcy rozróżniają dwa rodzaje tego przylegania, zwanego naukowo adhezją.
- ✓ Technika klejenia nie zmieniała się przez setki lat. Kleju pochodzenia zwierzęcego lub roślinnego używali właściwie tylko stolarze i introligatorzy. Klejenie, klajstrowanie, lepienie — te słowa do dziś kojarzą się nam raczej z lichą naprawą uszkodzonego mebla, dziurawej dętki, pękniętej wazy — niż z produkcją wielkoprzemysłową, gdzie tworzywem jest metal.
- ✓ Tymczasem współczesna technika nie może już się obejść bez klejenia. Bez użycia kleju niemożliwe byłoby wytwarzanie butów, samochodów, telewizorów, komputerów i rakiet kosmicznych. Właściwie nie ma dziś wśród otaczających nas przedmiotów takiego, który w trakcie produkcji lub choćby tylko w czasie pakowania nie stykałby się z klejem.

PODSUMOWANIE

- ✓ Chemicy wraz z inżynierami wymyślili już tysiące klejów o najróżniejszych zastosowaniach. Właściwie kleić dziś można wszystko. Gumę z metalem, metal ze szkłem, szkło z betonem — trzeba tylko dobrać odpowiedni klej. Na koniec więc jeszcze kilka ciekawostek, które mogą zainteresować majsterkowiczów.
- ✓ Sztuka klejenia polega dziś przede wszystkim na dobraniu właściwego kleju. Nie ma bowiem na razie superkleju, który był natchnieniem reżyserów niemych filmów. Chociaż spodnie do krzesła dałoby się dzisiaj skutecznie przykleić.

A o samym kleju powstały już nawet wiersze...

PRZYCZEPNOŚĆ, ADHEZJA, KOHEZJA - CZYLI JAK DZIAŁA KLEJENIE I DLACZEGO KLEJ KLEI?

Idzie klej i po kolei

Napotkane rzeczy klei:

Stołki, szklanki, filizanki,

Salaterki, wazy, dzbanki,

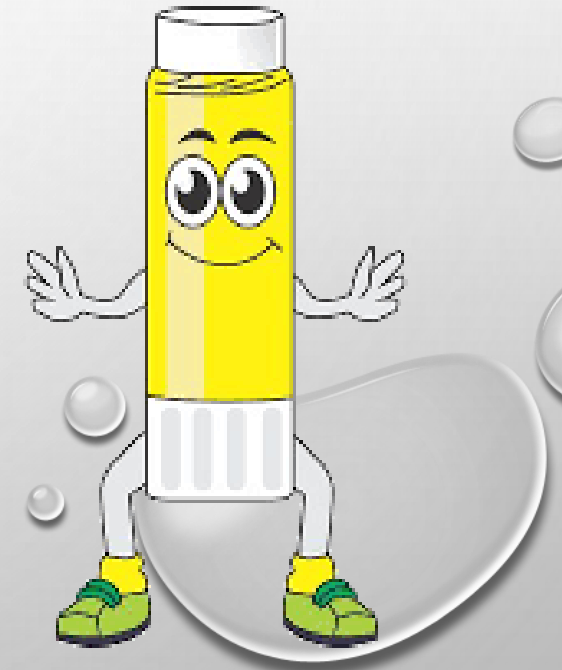
Talerzyki, flaszki, miski,

Garnki, wiadra i półmiski,

Nawet ławki, nawet szafki,

Nawet książki i zabawki.

~Jan Brzechwa „Klej”



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

*Przyczepność, Adhezja, Kohezja - czyli jak działa klejenie
i dlaczego klej klei?*

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Informatyzacji
i Robotyzacji Produkcji
dr inż. Izabela Miturska-Barańska

Projekt „Politechnika Lubelska – Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
– finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



POLITECHNIKA
LUBELSKA



Ministerstwo
Edukacji i Nauki



POLITECHNIKA
LUBELSKA
WYDZIAŁ
MECHANICZNY